

PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UMA TERRA ROXA ESTRUTURADA INFLUENCIADAS PELA COBERTURA VEGETAL DE INVERNO E PELA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL⁽¹⁾

F. ANDREOLA⁽²⁾, L. M. COSTA⁽³⁾,
E. S. MENDONÇA⁽⁴⁾ & N. OLSZEWSKI⁽⁵⁾

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da cobertura vegetal de inverno, constituída de uma associação de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), da adubação orgânica com esterco de aves e da adubação mineral sobre propriedades químicas de uma Terra Roxa Estruturada do estado de Santa Catarina. As análises foram realizadas em amostras de solo coletadas em agosto de 1994 e janeiro de 1995, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, em um experimento iniciado em 1990. Observou-se que a cobertura vegetal de inverno mostrou-se eficiente na manutenção de nutrientes, especialmente o potássio, e dos níveis de carbono orgânico, dentro dos limites da camada arável. O uso de adubo orgânico proporcionou acúmulo de nutrientes no solo, enquanto os adubos organomineral e mineral mostraram tendência de redução, principalmente dos níveis de potássio do solo.

Termos de indexação: resíduos orgânicos, adubos verdes, manutenção de nutrientes.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa - UFV. Recebido para publicação em setembro de 1999 e aprovado em junho de 2000.

⁽²⁾ Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina - EPAGRIA. Caixa Postal 791, CEP: 89801-970. Chapecó (SC).

⁽³⁾ Professor Titular do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa - UFV. Av. PH Rolfs s/n, CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

⁽⁴⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos da UFV. Bolsista do CNPq.

⁽⁵⁾ Pós-graduanda do Departamento de Solos da UFV. Bolsista do CNPq.

SUMMARY: *CHEMICAL PROPERTIES OF A "TERRA ROXA ESTRUTURADA" SOIL, INFLUENCED BY WINTER PLANT COVER AND ORGANIC AND MINERAL FERTILIZATION*

*This study was carried out to assess the influence of winter plant cover on the chemical soil properties in a Structured Terra Roxa soil in Santa Catarina, Brazil. The plant cover consisted of an association of black oats (*Avena sturgosa* Schreb) with pasture turnip (*Raphanus sativus* L.) and organic fertilization using poultry manure and mineral fertilization. Soil samples collected in August 1994 and January 1995, at depths of 0-10, 10-20 and 20-30 cm, were analyzed for an experiment initiated in 1990. The winter plant cover was efficient in maintaining nutrients (especially potassium) and the organic carbon levels within the limits of the plowable layer. The use of the organic fertilizer provided high nutrient accumulation in the soil, while the nutrients tended to be reduced by the organomineral and mineral fertilizers, mainly the levels of soil potassium.*

Index terms: organic residue, nutrient maintenance.

INTRODUÇÃO

O efeito da cobertura vegetal sobre atributos químicos do solo envolve uma série de fatores, tais como: o tipo de planta usada para cobertura, a classe de solo, as condições climáticas, destacando-se o tipo de manejo dispensado à cobertura como o fator que mais contribui para as alterações verificadas. Isto é comprovado, pois, normalmente, as alterações são estudadas em termos comparativos entre os diferentes tipos de manejo (Shear & Moschler, 1969; Muzilli, 1983; Hargrove, 1985; De Maria & Castro, 1993; Mielniczuk, 1994).

Dependendo da profundidade amostrada, verifica-se que, quando a cobertura é utilizada em um sistema de manejo na superfície do solo os nutrientes menos móveis, como o fósforo e o carbono orgânico, concentram-se nos 10 cm superficiais do solo (Moschler et al., 1972; Muzilli, 1983; Hargrove, 1985; Bayer, 1992; De Maria & Castro, 1993). A concentração de nutrientes e carbono orgânico na camada superficial no sistema sem preparo depende da cobertura deixada na superfície do solo e sua taxa de decomposição. Normalmente, as adubações são realizadas a uma profundidade de até 5 cm, e o sistema radicular, que também contribui para o aumento do carbono orgânico do solo, concentra-se na camada superficial (Hargrove, 1985).

Por outro lado, quando a cobertura do solo é incorporada pelo sistema convencional de preparo do solo, ocorre distribuição da matéria orgânica na camada arável e não se verifica acúmulo significativo de carbono orgânico do solo, pois apenas os restos culturais e a cobertura produzidos na mesma área são incorporados (Bayer, 1992; De Maria & Castro, 1993).

Quantidades elevadas de esterco podem promover aumento de matéria orgânica, em profundidades maiores que a camada arável (Albregts & Howard,

1981). Esse comportamento depende principalmente da textura do solo (Lund & Doss, 1980) e da ação da macrofauna (Weil & Kroontje, 1979). Os incrementos nos teores de matéria orgânica em razão do uso de esterco são reduzidos gradativamente após cessadas suas aplicações (Hoyt & Rice, 1977).

Vários trabalhos têm mostrado redução dos teores de alumínio trocável no solo quando do uso de adubos orgânicos de origem animal, principalmente esterco (Hoyt & Turner, 1975; Hoyt, 1977; Bloom et al., 1979; Ernani & Gianello, 1983; Nuernberg & Stammel, 1989). A provável causa disso é a complexação do alumínio por agentes quelantes presentes nos materiais orgânicos (Hoyt & Turner, 1975; Hoyt, 1977; Gianello & Ernani, 1983). Há que se considerar, no entanto, que o efeito do adubo orgânico sobre a redução de alumínio trocável no solo é transitório (Hoyt & Turner, 1975) e que doses anuais devem ser aplicadas ao solo para que o efeito perdure (Bloom et al., 1979).

O uso de elevadas quantidades de resíduos orgânicos pode acarretar aumento nos valores de pH do solo. O aumento do pH proporciona aumento da CTC, em solos cuja mineralogia é dominada por oxidróxidos de Fe e Al. Os aumentos na CTC são correlacionados com teores de matéria orgânica, cuja CTC dependente de pH é maior do que da argila (Raij, 1969). Para que esses efeitos sejam observados, as quantidades de esterco devem ser altas e aplicadas periodicamente.

Analisando os teores de fósforo, percebe-se que o uso anual de adubos orgânicos tem mostrado acúmulo desse elemento no solo (Vitosh et al., 1973; Sutton et al., 1978; Lund & Doss, 1980; Holanda et al., 1982). O aumento de fósforo no solo é dependente da quantidade e qualidade do esterco e do tipo de solo. O nutriente que tem apresentado maior acúmulo no solo em razão do uso de esterco é o

potássio, seguido do cálcio e magnésio. Tem sido constatado por vários autores (Vitosh et al., 1973; Liebhardt & Shortall, 1974; Liebhardt, 1976; Baldock & Musgrave, 1980; Lund & Doss, 1980; Albregts & Howard, 1981) considerável aumento de potássio, cálcio e magnésio no solo, e, dependendo da textura do solo e das quantidades de esterco aplicadas, tais elementos podem se deslocar a maiores profundidades.

No que concerne aos teores de micronutrientes no solo, especialmente os catiônicos em virtude do uso de esterços, têm sido verificados aumentos nos seus teores (Hensler et al., 1970; Liebhardt, 1976) proporcionais ao aumento da quantidade de resíduo. Foi verificado, entretanto, que, na dose de 613 t ha⁻¹, houve decréscimo de manganês disponível, o que foi atribuído ao aumento de pH do solo, uma vez que a solubilidade dos cátions quelados diminui com o aumento do pH (Hensler et al., 1970).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre propriedades químicas do solo, numa Terra Roxa Estruturada do estado de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações químicas reportadas neste trabalho foram realizadas em amostras de solo coletadas em um experimento de sucessão de culturas e de adubação, iniciado em 1990 e localizado no município de Chapecó (SC). A área experimental localiza-se na latitude 27° 07' S, longitude 52° 37' W, altitude de 670 m e declividade média de 17%. O clima regional, de acordo com a classificação de Köppen, é o Cfa (Clima Subtropical Úmido).

As temperaturas médias mensais são baixas durante o inverno, variando de 11,3 a 16,4°C, no mês mais frio, e altas, durante o verão, variando de 22,6 a 25°C no mês mais quente. A precipitação distribui-se normalmente ao longo de todo o ano com uma média em torno de 2.438 mm, sem um período de seca definido. O mês de agosto de 1994 foi excepcionalmente seco, com um total de 35 mm e o mês de janeiro de 1995 foi bastante chuvoso (261 mm), com precipitação total acima da média.

O experimento foi instalado em uma Terra Roxa Estruturada distrófica e, algumas características químicas do solo da área experimental, analisadas em junho de 1989, antes da instalação do experimento, são apresentadas no quadro 1.

O experimento foi iniciado em 1990 e constou dos seguintes tratamentos: (a) cobertura de inverno/feijão/milho; (b) cobertura de inverno + adubo organomineral/feijão; adubo orgânico/milho; (c) cobertura de inverno + AOM/feijão; AOM/milho; (d) cobertura de inverno + adubo mineral/feijão; AM/milho; (e) vegetação espontânea/feijão/milho;

Quadro 1. Características químicas da Terra Roxa Estruturada (0-20 cm) da área experimental. Amostras coletadas em junho de 1989

Característica	Valores
pH H ₂ O (1:2,5)	4,8
pH SMP	5,3
P (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	9,0
K (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	297
Al (cmol _c dm ⁻³) ⁽²⁾	0,8
Ca + Mg (cmol _c dm ⁻³) ⁽²⁾	6,7
C Orgânico (g kg ⁻¹) ⁽³⁾	16,8

⁽¹⁾ Disponível (Mehlich-1). ⁽²⁾ Trocável (KCl a 1 mol L⁻¹ e titulação. ⁽³⁾ Walkley-Black.

(f) vegetação espontânea + AO/feijão; AO/milho; (g) vegetação espontânea + AOM/feijão; AOM/milho; (h) vegetação espontânea + AM/feijão; AM/milho. O primeiro ano do experimento foi completado em agosto de 1991.

O delineamento experimental foi o de faixas, arranjado em um esquema fatorial 2 x 4, sendo o primeiro fator constituído pela cobertura (presença e ausência) e o segundo constituído pelas adubações, com quatro repetições. As parcelas foram de 6 x 6 m, com área útil de 4 x 4 m = 16 m². Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, realizada para cada profundidade (p1 = 0-10 cm; p2 = 10-20 cm e p3 = 20-30 cm), desdobrando-se os graus de liberdade para tratamentos (tipos de adubos e testemunha (T), nos sistemas com e sem cobertura), mediante os seguintes contrastes ortogonais: C1 = (-3)T + (1)AO + (1)AOM + (1)AM; C2 = (-1)AO + (-1)AM + (2)AOM; C3 = (-1)AO + (1)AM; CM = (-1)S/C + (1)C/C. Esses contrastes foram testados com base no quadrado médio do resíduo das análises de variância.

O esterco de aves utilizado como adubo orgânico (AO) apresentou, como média de três aviários e três repetições por aviário, 33,4; 18,8; 21,7; 30,4; 5,3; 0,35; 19,5 e 731 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Na e CO, respectivamente.

As culturas envolvidas na sucessão foram: feijão (*Phaseolus vulgaris* L., var. Carioca) e milho (*Zea mays* L., hib. Pioneer 6875). No tratamento com cobertura vegetal de inverno, foi utilizada uma associação de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) com aveia preta (*Avena strigosa* Scrib.). A cobertura de inverno foi semeada a lanço (na proporção nabo/aveia de 1/1), nas entrelinhas do milho, ao final do mês de abril. Por ocasião da floração plena da cobertura de inverno, que ocorreu ao final do mês de agosto, foi feito o acamamento com grade de discos. A incorporação, juntamente com o AO e a parte

orgânica do AOM, previamente distribuídos nas parcelas, foi realizada com arado de discos. Antes da semeadura do feijão, realizada em meados de setembro, foi feita uma gradagem para a incorporação do AM e a parte mineral do AOM. Esta prática serviu, também, para complementar o preparo do solo. Os adubos para a cultura do milho e do feijão foram distribuídos a lanço nas parcelas e incorporados manualmente com enxada.

Os rendimentos médios anuais de matéria seca da parte aérea da cobertura vegetal de inverno são mostrados no quadro 2.

Os adubos utilizados anualmente para as culturas de feijão e milho foram, respectivamente: (a) adubo orgânico (AO), na forma de esterco de aves e na dose de 5.312 e 4.750 kg ha⁻¹; (b) adubo organomineral (AOM), constituído por esterco de aves, N (uréia) e K (cloreto de potássio), nas doses de 952 e 1.585, 155 e 175, e 27 e 33 kg ha⁻¹, respectivamente e; c) adubo mineral (AM), constituído por uréia (N), superfosfato triplo (P) e cloreto de potássio (K), nas doses de 189 e 245, 49 e 98, e 67 e 100 ka ha⁻¹, respectivamente.

Ao final do terceiro ano completo de experimentação (agosto de 1994), as amostras, compostas de oito subamostras, para a caracterização química do solo foram coletadas em oito trincheiras de 40 x 40 x 40 cm, abertas no interior de cada parcela. Essa amostragem correspondeu à época 1 (agosto de 1994). Após a colheita do feijão, que ocorreu no início de janeiro de 1995, antes da instalação da cultura do milho, foi realizada uma nova coleta de amostras de solo, que correspondeu à época 2 (janeiro de 1995).

As determinações químicas realizadas nas amostras de solo foram: P e K disponíveis, pelo método do extrator duplo ácido (Mehlich-1); Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e Mn²⁺ trocáveis, extraídos com KCl a 1 mol L⁻¹, conforme método descrito por Tedesco et al., (1985); Cu²⁺ e Zn²⁺ disponíveis, extraídos com HCl a 0,1 mol L⁻¹ (Tedesco et al., 1985); Fe amorfo, extraído

com oxalato de amônio a 0,2 mol L⁻¹, de acordo com método proposto por Schwertman (1964); H⁺ + Al³⁺ em acetato de cálcio a pH 7,0; pH em H₂O e pH em KCl 1 mol L⁻¹ (EMBRAPA, 1979); e carbono orgânico do solo, conforme método de Walkley-Black (EMBRAPA, 1979).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

pH do solo - a cobertura do solo durante o inverno não apresentou efeito significativo sobre o pH (Quadro 3). Os adubos, em relação à testemunha, reduziram significativamente o pH na profundidade de 0-10 cm, em ambas as épocas de amostragem e em ambos os tratamentos de cobertura. Todavia, diferenças significativas entre os adubos ocorreram no tratamento com cobertura, no qual o adubo orgânico (AO) foi aquele que menos reduziu o pH do solo e o adubo mineral (AM) o que mais o reduziu. Normalmente, o uso de esterco de aves aumenta o pH do solo (Lund & Doss, 1980), por causa da presença de hidróxido de cálcio no esterco, presente em desinfetantes utilizados em aviários na região. Já a redução do pH causada pelo uso de adubo mineral tem origem na hidrólise da uréia e posterior nitrificação da amônia (Sánchez, 1981), na absorção de potássio e liberação de H⁺ pelas raízes (Rowell, 1994) e no consumo de cátions básicos (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺), fazendo com que haja redução na concentração de íons, aumento da atividade de H⁺ e, conseqüentemente, redução de pH.

Com relação à profundidade, verificou-se que o pH do solo apresentou redução em seus valores à medida que aumentou a profundidade de amostragem. Esse comportamento deve estar ligado ao fato de que os elementos Ca e Mg apresentam baixa mobilidade no solo; dessa forma, os elementos adicionados na adubação orgânica não teriam efeito na acidez em profundidade. Observou-se pequeno aumento do pH do solo da época 1 para a época 2. Tal aumento pode ser devido ao aumento da concentração de íons, causado principalmente pela decomposição da matéria orgânica, fazendo com que houvesse redução da atividade de H⁺ e aumento de pH.

Alumínio trocável no solo - a exemplo do que ocorreu com os valores de pH do solo, os teores de alumínio trocável não foram significativamente aumentados pela cobertura do solo (Quadro 4).

Os adubos, em relação à testemunha, aumentaram os teores de Al³⁺ do solo na profundidade de 0-10 cm, em ambas as épocas e ambos os tratamentos de cobertura, e na profundidade de 10-20 cm, na época 1 do tratamento sem cobertura. O adubo mineral foi o maior responsável pelo aumento de Al³⁺ no solo, pois, à medida que diminui o pH do solo, nele aumenta a atividade de Al³⁺ (Barber, 1984; Brady, 1989; Merten & Mielniczuk, 1991; Rowell, 1994).

Quadro 2. Rendimento médio anual de matéria seca da parte aérea da cobertura de inverno (1991-1994)

Tratamento	Rendimento
	kg ha ⁻¹
T	3.987
AO	7.565
AOM	6.512
AM	5.475

Quadro 3. Valores de pH H₂O (1:2,5) do solo, considerando cobertura vegetal, adubação, épocas e profundidades de amostragem, e valores dos contrastes ortogonais

Cobertura	Adubação	Época 1			Época 2		
		p1	p2	p3	p1	p2	p3
Com cobertura (C/C)	T	5,45	5,35	4,95	5,60	5,38	4,95
	AO	5,40	5,30	5,00	5,48	5,43	5,00
	AOM	5,28	5,18	5,00	5,43	5,43	5,03
	AM	5,05	5,13	4,90	5,23	5,20	4,93
	Média	5,29	5,24	4,96	5,43	5,36	4,98
	C1	-0,63*	-0,45	0,05	-0,67*	-0,07	0,10
	C2	0,10	-0,08	0,10	0,15	0,23	0,13
	C3	-0,35**	-0,18	-0,10	-0,25*	-0,23	-0,08
Sem cobertura (S/C)	T	5,48	5,28	4,95	5,55	5,28	4,93
	AO	5,30	5,25	5,00	5,43	5,28	4,93
	AOM	5,25	5,18	5,00	5,33	5,28	5,00
	AM	5,08	5,00	4,98	5,25	5,23	5,00
	Média	5,28	5,18	4,98	5,39	5,26	4,96
	C1	-0,80**	-0,40	0,12	-0,65*	-0,05	0,15
	C2	0,13	0,10	0,03	-0,03	0,05	0,07
	C3	-0,23	-0,25	-0,03	-0,18	-0,05	0,08
CM	0,02	0,06	-0,02	0,04	0,09	0,01	

T = testemunha; AO = adubo orgânico; AOM = adubo organomineral; AM = adubo mineral; C1 = (-3)T + (1)AO + (1)AOM + (1)AM; C2 = (-1)AO + (-1)AM + (2)AOM; C3 = (-1)AO + (1)AM; CM = (-1)S/C + (1)C/C; p1 = profundidade 0 a 10 cm; p2 = profundidade 10-20 cm; p3 = profundidade 20 a 30 cm. *, ** = significativos, pelo teste F, a 5 e 1%, respectivamente.

Quadro 4. Teores de Al³⁺ trocável no solo, considerando cobertura vegetal, adubação, épocas e profundidades de amostragem, e valores dos contrastes ortogonais

Cobertura	Adubação	Época 1			Época 2		
		p1	p2	p3	p1	p2	p3
cmolc dm ⁻³							
Com cobertura (C/C)	T	0,10	0,23	0,73	0,05	0,15	0,55
	AO	0,10	0,18	0,68	0,05	0,10	0,33
	AOM	0,18	0,13	0,43	0,05	0,05	0,18
	AM	0,38	0,33	0,70	0,28	0,23	0,60
	Média	0,19	0,21	0,63	0,11	0,13	0,41
	C1	0,35 ^o	-0,05	-0,38	0,23 ^o	-0,08	-0,55
	C2	-0,13	-0,25 ^o	-0,53	-0,23 ^o	-0,23 ^o	-0,58
	C3	0,28**	0,15 ^o	0,02	0,23**	0,13	0,28
Sem cobertura (S/C)	T	0,10	0,20	0,68	0,05	0,25	0,58
	AO	0,20	0,25	0,48	0,10	0,18	0,60
	AOM	0,33	0,33	0,78	0,20	0,20	0,43
	AM	0,43	0,40	0,55	0,28	0,28	0,43
	Média	0,26	0,29	0,62	0,16	0,23	0,51
	C1	0,65**	0,38*	-0,23	0,43*	-0,10	-0,28
	C2	0,03	0,00	0,53	0,03	-0,05	-0,18
	C3	0,23*	0,15 ^o	0,08	0,18*	0,10	-0,18
CM	-0,08	-0,08	0,01	-0,05	-0,09	-0,09	

^o, *, ** significativos, pelo teste F, a 10, 5 e 1%, respectivamente.

No que concerne ao comportamento do alumínio em relação à profundidade e às épocas de amostragem, observou-se aumento nos teores de Al^{3+} no solo com a profundidade e menores valores da época 2 em relação aos da época 1. Considerando o comportamento contrário do pH do solo (Quadro 3), evidenciou-se a relação existente entre os maiores teores de alumínio trocável e a diminuição do pH do solo.

Cálcio e magnésio trocáveis no solo - os teores de cálcio no solo também não foram significativamente afetados pela cobertura do solo (Quadro 5). Relativamente ao efeito da adubação sobre o teor de cálcio trocável no solo, verificou-se que apenas na camada de 0-10 cm da segunda época de amostragem, no tratamento com cobertura, a adubação diferiu da testemunha. Entre os adubos, notou-se acúmulo de cálcio no solo em razão do uso de adubo orgânico, refletindo-se principalmente nas camadas superficiais. Verificou-se que o acúmulo de cálcio trocável deveu-se ao seu alto teor no adubo orgânico, o qual atingiu cerca de $30,4 \text{ g kg}^{-1}$ de esterco seco. Por outro lado, notou-se o decréscimo dos teores do elemento, especialmente nas camadas superficiais, quando foi usado o adubo mineral. Tal fato foi atribuído à não-reposição do cálcio, o qual é retirado com a colheita dos grãos, e talvez a possíveis perdas causadas pela lixiviação.

Com relação à profundidade, observou-se diminuição dos teores de cálcio trocável à medida que aumentou a profundidade, independentemente da época e da cobertura. O cálcio, por apresentar baixa mobilidade no solo e ser reciclado pelas plantas, mantém-se nas camadas superficiais do solo. Os teores de cálcio no solo aumentaram da época 1 para a época 2 de amostragem, em virtude da decomposição dos resíduos orgânicos incorporados ao solo, e, no caso do adubo orgânico e do organomineral, ainda houve a contribuição das adições do elemento com esses adubos para a cultura do feijão.

Em relação ao magnésio trocável, não houve efeito da cobertura do solo nem da adubação sobre os teores do elemento no solo (Quadro 6). No caso deste experimento, a quantidade de magnésio adicionada com o adubo orgânico foi pequena, quando comparada à do cálcio ($5,3$ e $30,4 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente). Isso, aliado ao maior teor do elemento no solo, fez com que não houvesse diferença entre os tratamentos.

No que tange ao comportamento do teor de magnésio trocável com relação a profundidades e épocas de amostragem, observou-se redução em profundidade e aumento da primeira para a segunda época de amostragem. Essa é uma tendência semelhante àquela observada para o cálcio, pois,

Quadro 5. Teores de Ca^{2+} trocável no solo, considerando cobertura vegetal, adubação, épocas e profundidades de amostragem, e valores dos contrastes ortogonais

Cobertura	Adubação	Época 1			Época 2		
		p1	p2	p3	p1	p2	p3
cmol _c dm ⁻³							
Com cobertura (C/C)	T	5,10	4,18	2,58	4,93	4,82	3,38
	AO	6,30	4,75	2,70	6,90	6,05	4,20
	AOM	5,28	4,93	2,65	5,83	5,50	3,62
	AM	3,85	4,55	2,90	4,83	4,72	3,58
	Média	5,13	4,60	2,70	5,62	5,28	3,70
	C1	0,13	1,70	0,51	2,78*	1,80	1,26
	C2	0,40	0,55	-0,30	-0,08	0,22	-0,54
	C3	-2,45**	-0,20	0,20	-2,08**	-1,32*	-0,62
	C4						
Sem cobertura (S/C)	T	4,90	3,98	2,70	5,23	4,35	3,30
	AO	5,08	4,60	3,15	5,90	5,20	3,58
	AOM	5,00	4,30	2,60	5,42	5,22	3,62
	AM	3,85	3,90	2,88	4,62	4,62	3,88
	Média	4,71	4,19	2,83	5,29	4,85	3,59
	C1	-0,78	0,88	0,53	0,27	2,00	1,18
	C2	1,08	0,10	-0,83	0,32	0,62	-0,20
	C3	-1,23*	-0,70	-0,28	-1,28*	-0,58	0,30
	CM	0,43	0,41	-0,13	0,32	0,42	0,11

*, ** significativos, pelo teste F, a 5 e 1%, respectivamente.

Quadro 6. Teores de Mg²⁺ trocável no solo, considerando cobertura vegetal, adubação, épocas e profundidades de amostragem, e valores dos contrastes ortogonais

Cobertura	Adubação	Época 1			Época 2			
		p1	p2	p3	p1	p2	p3	
cmol _c dm ⁻³								
Com cobertura (C/C)	T	2,35	2,33	2,15	3,37	2,65	1,82	
	AO	2,87	2,77	2,35	3,60	2,80	2,07	
	AOM	2,85	2,57	2,17	2,87	2,85	2,62	
	AM	2,47	2,42	2,12	2,87	2,55	2,00	
	Média	2,64	2,52	2,20	3,18	2,71	2,13	
	C1	1,15	0,80	0,20	-0,77	0,25	1,22	
	C2	0,35	-0,05	-0,12	-0,72	0,35	1,17	
	C3	-0,40	-0,35	-0,22	-0,72	-0,25	-0,07	
	Sem cobertura (S/C)	T	2,72	2,32	2,05	3,50	3,12	1,97
		AO	2,42	2,10	1,93	3,20	2,55	2,27
AOM		2,65	2,60	2,30	2,52	2,37	2,17	
AM		2,27	2,22	2,10	2,67	2,30	1,97	
Média		2,52	2,32	2,10	2,97	2,58	2,10	
C1		-0,82	-0,05	0,17	-2,10	-2,15	0,50	
C2		0,60	0,87	0,57	-0,82	-0,10	0,10	
C3		-0,15	0,12	0,17	-0,52	-0,25	-0,30	
CM		0,12	0,20	0,10	0,21	0,13	0,03	

*, ** significativos, pelo teste F, a 5 e 1%, respectivamente.

sendo esses elementos passíveis de ser reciclados pelas plantas, eles são mantidos nas camadas superiores. O aumento da primeira para a segunda época de amostragem deveu-se à decomposição dos resíduos orgânicos incorporados ao solo.

Potássio disponível no solo - apenas na profundidade de 0-10 cm (p1), na primeira época de amostragem (Época 1), o teor de potássio disponível não foi aumentado significativamente pela cobertura do solo (Quadro 7), para os casos de adubo organomineral (AOM) e adubo mineral (AM). Isso deveu-se, provavelmente, ao fato de que parte de potássio poderia estar imobilizada na cobertura do solo quando a amostragem foi realizada.

Considerando ser o potássio um elemento bastante móvel e que se perde muito facilmente do solo pelo processo de lixiviação (Rowell, 1994), fica caracterizada a importância da cobertura do solo na manutenção desse nutriente nas camadas superficiais, por meio da reciclagem.

Analisando o efeito dos adubos sobre os teores de potássio disponível no solo, observou-se expressivo acúmulo do elemento no solo com o uso de adubo orgânico. Tal acúmulo é decorrência do potássio adicionado ao solo com o adubo orgânico: as quantidades de adubo orgânico utilizadas nas culturas do feijão e do milho são calculadas em função do nutriente requerido em maior quantidade, o qual, no caso, é o nitrogênio.

Em ambas as épocas de amostragem (Época 1 e Época 2) e em ambos os tratamentos de cobertura (AO, AOM e AM), houve diminuição dos teores de potássio no solo com o aumento da profundidade. Na profundidade de 20-30 cm das duas épocas de amostragem, verificou-se considerável aumento de potássio na época 2 em relação à época 1, possivelmente ocasionado pela decomposição da matéria orgânica e posterior translocação de potássio para aquela profundidade.

Foram observados aumentos nos teores de potássio disponível nos tratamentos com e sem cobertura, embora os aumentos no tratamento com cobertura da época 2 tenham sido consideravelmente maiores. Tal aumento deveu-se à incorporação e mineralização da cobertura e dos restos da cultura do milho os quais contêm mais potássio que os restos culturais de algumas espécies que vegetam espontaneamente durante o inverno, no tratamento sem cobertura.

Considerando os tratamentos com adubo organomineral e adubo mineral sem cobertura, observou-se decréscimo no estoque de potássio no solo. Embora o potássio esteja sendo repostado sistematicamente para cada cultura e a cada ano, pode-se inferir que as quantidades do elemento não estão sendo suficientes para suprir as quantidades retiradas com a colheita de grãos e as possíveis perdas, quando

Quadro 7. Teores de K disponível no solo, considerando cobertura vegetal, adubação, épocas e profundidades de amostragem, e valores dos contrastes ortogonais

Cobertura	Adubação	Época 1			Época 2		
		p1	p2	p3	p1	p2	p3
mg dm ⁻³							
Com cobertura (C/C)	T	302,0	236,5	148,8	309,5	282,5	194,5
	AO	352,0	325,0	250,5	492,8	416,5	326,5
	AOM	271,5	265,0	193,3	380,5	303,0	248,0
	AM	283,0	253,0	169,5	377,5	304,5	226,5
	Média	302,1	269,9	190,5	390,1	326,6	248,9
	C1	0,5	133,5 ^o	167,0 ^{**}	322,3 ^{**}	176,5 ^{**}	217,5 ^{**}
	C2	-92,0 ^o	-48,0	-33,5	-109,3 [*]	-115,0 ^{**}	-57,0 ^o
	C3	-69,0 [*]	-72,0 [*]	-81,0 ^{**}	-115,3 ^{**}	-112,0 ^{**}	-100,0 ^{**}
	Sem cobertura (S/C)	T	251,0	216,5	140,8	251,0	210,0
AO	366,5	345,5	245,0	402,5	375,0	279,0	
AOM	262,0	213,5	155,0	301,5	264,0	194,3	
AM	270,0	242,0	152,3	300,0	261,5	198,0	
Média	287,4	254,4	173,3	313,8	277,6	209,6	
C1	145,5 ^o	151,5 [*]	130,0 ^{**}	251,0 ^{**}	270,5 ^{**}	170,3 ^{**}	
C2	-112,5 ^o	-160,5 ^{**}	-87,3 ^{**}	-99,5 ^o	-108,5 ^{**}	-88,5 [*]	
C3	-96,5 ^{**}	-103,5 ^{**}	-92,8 ^{**}	-102,5 ^{**}	-113,5 ^{**}	-81,0 ^{**}	
CM	14,8	15,5 ^o	17,3 ^o	76,3 ^{**}	49,0 [*]	39,3 ^o	

^o, *, ** significativos, pelo teste F, a 10, 5 e 1%, respectivamente.

não se utiliza cobertura. Por outro lado, os mesmos tratamentos, porém com cobertura, estão evidenciando acúmulo de potássio nas camadas superiores, provavelmente em virtude da absorção do elemento das camadas mais profundas pelas plantas da cobertura e sua posterior reciclagem. Além disso, o acúmulo nas camadas superficiais torna-se possível porque se trata de um solo rico em potássio (Quadro 1).

Fósforo disponível no solo - os teores de fósforo disponível no solo não foram afetados pela cobertura do solo, mas, sim, pela adubação (Quadro 8). Neste caso, o adubo orgânico foi o maior responsável pelo aumento dos teores do elemento no solo. O acúmulo de fósforo disponível ocorreu porque os cálculos realizados para as quantidades de adubo orgânico a serem aplicadas ao solo, para as culturas de feijão e milho, foram realizados em função da necessidade de nitrogênio e os demais nutrientes foram sistematicamente aplicados acima do recomendado.

Observou-se que os teores de fósforo disponível no solo tiveram comportamento um pouco diferente daquele observado para o potássio, em relação aos adubos, ou seja, houve acúmulo de fósforo no solo com o uso de adubo orgânico e praticamente não houve consumo do estoque de fósforo nos tratamentos com adubo organomineral e adubo mineral, como ocorreu com o potássio. Assim, pode-

se inferir que as recomendações de fósforo, para as culturas de feijão e milho, pelo menos para essa classe de solo, estão adequadas.

A maior quantidade de fósforo foi encontrada na camada de 0-10 cm, decrescendo, consideravelmente, com o aumento da profundidade, fato atribuído à baixa mobilidade do fósforo no solo e ao efeito da reciclagem decorrente do uso de cobertura do solo e dos restos culturais incorporados ao solo, como informaram Sidiras & Pavan (1985) e De Maria & Castro (1993), que também observaram acúmulo de fósforo nas camadas superficiais, tanto em plantio direto quanto em sistema de preparo convencional.

No que concerne ao comportamento de fósforo disponível em relação às épocas de amostragem, verificou-se expressivo aumento do elemento na segunda época, no tratamento com cobertura, demonstrando a importância da cobertura na reciclagem desse nutriente.

Zinco disponível no solo - não houve efeito significativo da cobertura do solo, mas houve por parte da adubação, no sentido de aumentar os teores de zinco no solo (Quadro 9). Este aumento, como pode ser observado, foi causado pelo adubo orgânico, ou seja, com o uso desse tipo de adubo, houve adições sistemáticas de zinco ao solo, especialmente nas camadas superficiais.

Quadro 8. Teores de P do solo, considerando cobertura vegetal, adubação, épocas e profundidades de amostragem, e valores dos contrastes ortogonais

Cobertura	Adubação	Época 1			Época 2		
		p1	p2	p3	p1	p2	p3
mg dm ⁻³							
Com cobertura (C/C)	T	10,00	5,00	2,25	9,00	6,50	3,00
	AO	37,50	17,75	4,25	51,00	22,50	4,75
	AOM	11,75	6,25	3,50	17,75	9,00	4,25
	AM	10,00	4,50	1,75	10,75	6,00	3,00
	Média	17,31	8,38	2,94	22,13	11,00	3,75
	C1	29,25**	13,50 ^o	2,75 ^o	52,50**	18,00 ^o	3,00
	C2	-24,00**	-9,75*	1,00	-26,25**	-10,50 ^o	0,75
	C3	-27,50**	-13,25**	-2,50**	-40,25**	-16,50**	-1,75
	Sem cobertura (S/C)	T	9,25	6,25	2,50	10,00	6,50
AO	40,00	21,50	4,25	40,00	25,50	5,50	
AOM	12,75	6,75	2,75	10,50	6,25	2,75	
AM	10,00	6,00	2,50	12,00	7,00	3,50	
Média	18,00	10,13	3,00	18,13	11,31	3,69	
C1	35,00**	15,50*	2,00	32,50**	19,25*	2,75	
C2	-24,50**	-14,00*	-1,25	-31,00**	-20,00**	-3,50	
C3	-30,00**	-15,50**	-1,75**	-28,00**	-18,50**	-2,00	
CM	-0,69	-1,75	-0,06	4,00	-0,31	0,06	

^o, *, ** significativos, pelo teste F, a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Os teores de zinco no solo decresceram em profundidade e aumentaram da época 1 para a época 2. Observou-se um aumento maior na profundidade de 20-30 cm da segunda época de amostragem, indicando que o Zn deve ter-se translocado para camadas mais profundas no perfil de solo. A causa mais provável disso são os ácidos orgânicos formados durante a decomposição da matéria orgânica, que, ao serem translocados para maiores profundidades, translocam também o zinco na forma complexada (Stevenson, 1991).

Carbono orgânico - foram encontrados aumentos nos valores de carbono orgânico nas camadas de 0-10 e 10-20 cm da primeira época de amostragem (Quadro 10). Esse aumento, causado pela cobertura do solo, pode ter ocorrido, em parte, pela grande quantidade de raízes da cobertura que havia no solo quando da coleta das amostras. Convém salientar que, quando as amostras foram coletadas, na época 1, as plantas da cobertura do solo ainda se encontravam vegetando, e a renovação do sistema radicular da aveia deve ter contribuído para o aumento observado. Vale considerar também a contribuição das raízes da cultura do milho no aumento de carbono orgânico, pois este foi colhido no início de mês de junho, sendo provável que, raízes semidecompostas também tenham contribuído. Por outro lado, comparando os resultados de carbono

orgânico obtidos antes da instalação (16,8 g kg⁻¹) do experimento com a média das profundidades de 0-10 cm (17,62 g kg⁻¹) e 10-20 cm (15,73 g kg⁻¹), verificou-se que a cobertura do solo contribuiu para manter o nível de carbono do solo, enquanto o tratamento sem cobertura reduziu-o (16,10 g kg⁻¹, de 0-10 cm, e 14,61 g kg⁻¹, de 10-20 cm).

Efeitos significativos referentes ao uso de adubos sobre os teores de carbono orgânico do solo foram encontrados apenas no tratamento com cobertura e na profundidade 0-10 cm na primeira época de amostragem.

Em ambas as épocas de amostragem, observou-se redução dos teores de carbono orgânico no solo com o aumento da profundidade. Houve redução dos teores de carbono orgânico no solo na segunda época em relação à primeira época de amostragem, quando se usou cobertura e praticamente não houve alteração no tratamento sem cobertura. Isso ocorreu porque a cobertura e os restos culturais do milho foram incorporados ao solo a uma profundidade aproximada de 0-20 cm. Entre as épocas 1 e 2, decorreram, aproximadamente, 130 dias, tempo em que foi produzida uma safra de feijão. Nesse período, ocorreram boas condições de temperatura e precipitação, que favoreceram os processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica, resultando em redução do carbono orgânico naquela

Quadro 9. Teores de Zn²⁺ disponível no solo, considerando cobertura vegetal, adubação, épocas e profundidades de amostragem, e valores dos contrastes ortogonais

Cobertura	Adubação	Época 1			Época 2		
		p1	p2	p3	p1	p2	p3
mg dm ⁻³							
Com cobertura (C/C)	T	6,00	4,25	0,75	7,53	5,37	2,73
	AO	10,50	8,02	1,25	10,68	7,70	5,83
	AOM	8,82	5,70	1,97	8,83	6,95	4,60
	AM	5,30	4,05	0,90	7,93	4,43	2,08
	Média	7,76	5,51	1,22	8,74	6,11	3,81
	C1	6,62**	5,02 ^o	1,88	4,85 ^o	2,95	4,32 ^o
	C2	1,84	-0,68	1,80	-0,95	1,78	1,30
	C3	-5,20**	-3,98**	-0,35	-2,75*	-3,28**	-3,75*
	Sem cobertura (S/C)	T	6,25	3,70	0,92	7,55	5,67
AO	10,65	7,82	1,13	10,32	6,88	4,75	
AOM	7,12	4,08	1,75	8,33	7,83	3,52	
AM	5,05	3,98	1,40	7,80	5,75	3,25	
Média	7,27	4,89	1,30	8,50	6,53	3,51	
C1	4,07 ^o	4,78 ^o	1,50	3,80	3,43	3,95	
C2	-1,46	-3,65*	0,98	-1,48	3,03	-0,95	
C3	-5,60**	-3,85**	0,28	-2,53*	-1,12	-1,50	
CM	0,40	0,61	-0,08	0,24	-0,42	0,29	

^o, *, ** significativos, pelo teste F, a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Quadro 10. Teores de carbono orgânico no solo, considerando cobertura vegetal, adubação, épocas e profundidades de amostragem, e valores dos contrastes ortogonais

Cobertura	Adubação	Época 1			Época 2		
		p1	p2	p3	p1	p2	p3
g dm ⁻³							
Com cobertura (C/C)	T	17,40	15,08	9,43	15,22	14,21	11,46
	AO	19,72	16,39	11,89	17,11	15,81	10,44
	AOM	17,11	16,97	12,04	17,11	15,23	11,89
	AM	16,24	14,50	9,86	15,81	15,23	11,31
	Média	17,62	15,73	10,80	16,31	15,12	11,28
	C1	0,87	2,61	5,51	4,35	3,62	-0,73
	C2	-1,74	3,05	2,32	1,30	-0,58	2,03
	C3	-3,48**	-1,89	-2,03	-1,30	-0,58	0,87
	Sem cobertura (S/C)	T	15,37	14,36	10,01	14,65	13,63
AO	17,69	15,08	10,44	16,97	14,36	11,02	
AOM	15,23	14,65	11,60	16,97	15,66	11,46	
AM	16,10	14,36	10,30	16,39	14,07	11,17	
Média	16,10	14,61	10,59	16,24	14,43	11,17	
C1	2,90	1,02	2,32	6,38	3,19	0,58	
C2	-3,34	-0,15	2,46	0,58	2,90	0,72	
C3	-1,60	-0,73	-0,15	-0,58	-0,29	0,14	
CM	1,52*	1,12*	0,22	0,07	0,69	0,12	

*, ** significativos, pelo teste F, a 5 e 1%, respectivamente.

profundidade. Na profundidade de 10-20 cm, não houve, praticamente, variação nos teores de carbono orgânico e, na profundidade de 20-30 cm, houve pequeno acréscimo nos valores de carbono orgânico na segunda época de amostragem, apenas nos tratamentos sem cobertura (SC).

CONCLUSÕES

1. A cobertura vegetal de inverno mostrou-se eficiente na manutenção de nutrientes, especialmente o potássio, e dos níveis de carbono orgânico, dentro dos limites da camada arável.

2. O uso de adubo orgânico causou o acúmulo de nutrientes no solo, enquanto o adubo organomineral e o mineral mostraram tendência de redução, principalmente dos níveis de potássio do solo.

LITERATURA CITADA

- ALBREGTS, E.E. & HOWARD, C.M. Effects of poultry manure on strawberry fruiting response, soil nutrient changes, and leaching. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 106:295-298, 1981.
- BALDOCK, J.O. & MUSGRAVE, R.B. Manure and mineral fertilizer effects in continuous and rotational crops sequences in central New York. *Agron. J.*, 72:511-518, 1980.
- BARBER, S.A. Soil nutrient bioavailability. New York, John Wiley & Sons, 1984. 398p.
- BAYER, C. Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo do solo e sistemas de culturas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. 183p. (Tese de Mestrado)
- BLOOM, P.B., McBRIDE, M.B. & WEVER, R.M. Aluminum organic matter in acid soils, buffering and pollution aluminum activity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:488-493, 1979.
- BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 898 p.
- DE MARIA, I.C. & CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:471-477, 1993.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, 1979. 212p.
- ERNANI, P.R. & GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:161-165, 1983.
- GIANELLO, C. & ERNANI, P.R. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frangos, em casa de vegetação. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:285-290, 1983.
- HARGROVE, W.L. Influence of tillage on nutrient uptake and yield of corn. *Agron. J.*, 77:763-768, 1985.
- HENSLER, R.F.; OLSEN, R.J. & ATTOE, O.J. Effect of soil pH and application rate of dairy cattle manure on yield and recovery of twelve plant nutrients by corn. *Agron. J.* 62:828-830, 1970.
- HOYT, P.B. & TURNER, C. Effects of organic materials added to very acid soil, on pH, aluminum, exchangeable NH_4^+ , and crop yields. *Soil Sci.*, 119:227-237, 1975.
- HOYT, P.B. Effects of organic matter content on exchangeable Al and pH-dependent acidity of very acid soils. *Can. J. Soil Sci.*, 57:221-222, 1977.
- HOYT, P.B. & RICE, W.A. Effects of high rates of chemical fertilizer and barnyard manure on yield and moisture use on six successive barley crops on three gray ensivolic soils. *Can. J. Soil Sci.*, 57:221-222, 1977.
- HOLANDA, J.S., MIELNICZUK, J. & STAMMEL, J.G. Utilização de esterco e adubo mineral em quatro seqüências de culturas em solo de encosta basáltica do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 6:47-51, 1982.
- LIEBHARDT, W.C. Soil characteristics on corn yield as affected by previous application of poultry manure. *J. Environ. Qual.*, 5:459-562, 1976.
- LIEBHARDT, W.C. & SHORTALL, H.G. Potassium is responsible for salinity in soils amended with poultry manure. *Comm. Soil. Sci. Plant. Anal.*, 5:385-398, 1974.
- LUND, Z.F. & DOSS, B.D. Residual effect of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. *Agron. J.*, 72:123-130, 1980.
- MERTEN, G.H. & MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo de solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:369-374, 1991.
- MIELNICZUK, J. Potencialidade e perspectivas de uso de culturas de cobertura e rotação de culturas como prática de conservação do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. Resumos. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p.101-104.
- MOSCHLER, W.W.; SHEAR, G.M.; MARTENS, D.C.; JONES, G.D. & WILMOUTH, R.R. Comparative yield and fertilizer efficiency of no-tillage and conventionally tilled corn. *Agron. J.*, 64:229-231, 1972.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:95-102, 1983.
- NUERNBERG, N.J. & STAMMEL, J.G. Rendimento de culturas e características químicas do solo sob diferentes sucessões e adubação orgânica e mineral. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:87-93, 1989.
- RAIJ, B. van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral no solo. *Bragantia*, 28:25-69, 1969.
- ROWELL, D.L. Soil Science - methods and applications. England, Longman Group IK, 1994. 350p.

- SÁNCHEZ, P.A. Suelos del trópico - características y manejo. San José, Costa Rica, IICA, 1981. 634 p.
- SCHWERTMANN, U. Differenzierung der eizenoxyde des bodens durch extraktion mit saurer amoniumoxalat-lözung. Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd, 105:194-202, 1964.
- SHEAR, G.M. & MOSCHLER, W.W. Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods - a six year comparison. Agron. J., 61:524-526, 1969.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. R. Bras. Ci. Solo, 9:249-254, 1985.
- STEVENSON, F.J. Organic matter-micronutrient reactions in soil. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M. & WELCH, R.M., eds. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of American, 1991. p.145-187.
- SUTTON, A.L.; NELSON, D.W.; MAYROSE, V.B. & NYE, J.C. Effects of liquid swine waste applications on corn yield and soil chemical composition. J. Environ. Qual., 7:325-333, 1978.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p. (Boletim Técnico, 5)
- VITOSH, M.L.; DAVIES, J.F. & KNEZEK, B.D. Long-terms effect of manure, fertilizer and plow depth on chemical properties of soil and nutrient moviment in a monoculture corn system. J. Environ. Qual., 2:296-299, 1973.
- WEIL, R.R. & KROONTJE, W. Physical condition of a Davidson clay loam after five years of heavy poultry manure applications. J. Environ. Qual., 8:387-392, 1979.